

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-329714
(P2002-329714A)

(43) 公開日 平成14年11月15日 (2002. 11. 15)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 1 L 21/3065
21/768

識別記号

F I

H 0 1 L 21/302
21/90

データベース^{*} (参考)

A 5 F 0 0 4
A 5 F 0 3 3

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2002-44118(P2002-44118)

(22) 出願日 平成14年2月21日 (2002. 2. 21)

(31) 優先権主張番号 7 9 1 0 5 0

(32) 優先日 平成13年2月22日 (2001. 2. 22)

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 501229528

テキサス インストルメンツ インコーポ
レイテッド

アメリカ合衆国、テキサス、ダラス、チャ
ーチル ウェイ 7839

(72) 発明者 ピン ジアン

アメリカ合衆国 テキサス、プラノ、グ
レイ ウォルフ ドライブ 6708

(72) 発明者 フランシス ジー、セリイ

アメリカ合衆国 テキサス、ダラス、ヒ
ドゥン グレン 17229

(74) 代理人 100066692

弁理士 浅村 皓 (外3名)

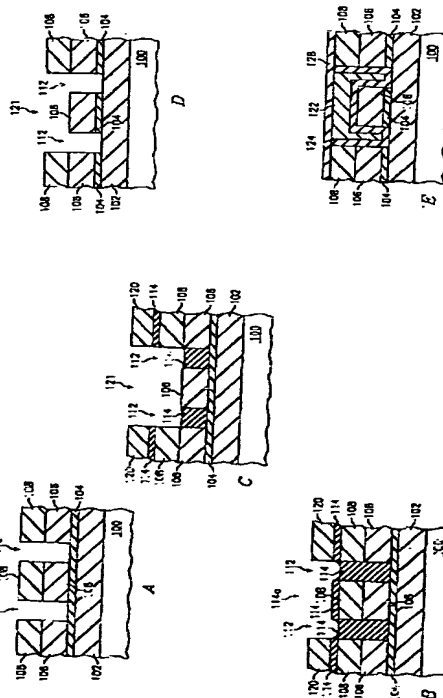
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エッチング中にガスを切り替えてエッチングの特性を調節する方法

(57) 【要約】

【課題】 エッチング処理中に処理用ガスを切り替えて、エッチングの特性を調節する方法を開示する。

【解決手段】 エッチング処理は、少なくとも1回繰り返す第1のステップと、第2のステップを含む。例えば、第1のステップは、酸化物108のエッチング速度を速くし、第2のステップは、酸化物のエッチング速度を遅くして他の材料114のエッチング速度を速くする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 集積回路を製造する方法であって、上に層が形成される半導体ボディを用意するステップと、前記層の上にパターンを形成するステップと、さらに少なくとも第1のステップと第2のステップを含む処理を使用して前記層をエッチングし、前記第1のステップと第2のステップが少なくとも1回繰り返されるステップと、を含む方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、一般に半導体デバイス製造の分野に関し、より詳細には、2重線幅微細化処理によるトレンチ・エッチング (dual damascene trench etching) に関する。

【0002】

【発明の背景】半導体デバイスの集積度が増大するに伴って、半導体デバイスを相互に接続するための接続層に関する要求も高まっている。したがって、従来のアルミニウム金属接続から銅接続に切り替えたいという要望がある。しかしながら、半導体製造環境に適当な銅エッチングは、すぐには利用できない。銅エッチングの課題を克服するために、線幅微細化処理 (damascene process) が開発されている。

【0003】従来の接続処理では、アルミニウム (と何らかの障壁材料 (barrier material)) を堆積させ、パターン形成しエッチングして、接続線を形成する。次にレベル間誘電体 (ILD) が堆積して平滑化される。線幅微細化処理では、最初にILDが形成される。次にILDがパターン形成されてエッチングされる。次に、この構造体の上に金属が堆積し化学金属的に研磨されると、ILD上から金属が除去され、金属の接続線が残る。これによって金属のエッチングが回避される。

【0004】図1Aから図1Eを参照しつつ、従来技術による線幅微細化処理、2重線幅微細化処理を説明する。図1Aを参照すると、半導体ボディ10の上に窒化ケイ素層12が堆積する。半導体ボディ10は、第1の金属接続層を通して処理済みになっている。窒化ケイ素層12の上にバイア・レベル誘電体14が堆積する。バイア・レベル誘電体14は、FSG (fluorine-doped silicate glass: フッ素がドーピングされたケイ酸塩ガラス) を含む。バイア・レベル誘電体14の上に別の窒化ケイ素層18が堆積し、窒化ケイ素層18の上に第2のトレンチ・レベル誘電体20が堆積する。バイア22はパターン形成され、トレンチ・レベル誘電体20、窒化ケイ素層18およびバイア・レベル誘電体14を通してエッチングされるのが普通である。窒化ケイ素層12は、エッチング停止 (etch-stop) として使用される。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】図1Bを参照すると、

スピン・オン有機BARC (spin-on organic bottom anti-reflection coating: 最低部の反射防止コーティング) 24が堆積してバイア22の一部分を充填する。その結果は、誘電体20上の約600ÅのBARCであり、バイア22の内側の約2000~2500Åの厚さのBARCである。BARC24は、後続のトレンチ・エッチング中にバイア22を保護する。次に図1Cに示すように、構造体の上にトレンチ・パターン26が形成される。トレンチ・パターン26は、(誘電体20の最上部に約600ÅのBARCがある) トレンチ・レベル誘電体20上の金属接続線が必要なエリアを露出する。図1Dを参照すると、FSG層20の一部分を除くトレンチ・エッチングが実行される。バイア22のエッジに不要な酸化物の突起28が形成される。図1Eに示すように、パターン26が除去される。金属障壁が酸化物の突起を完全に遮蔽することを保証するのは困難なため、酸化物の突起があるとデバイスの信頼性が損なわれる。

【0006】新しい技術は、FSGの代わりに有機ケイ酸塩ガラス (organo-silicate glass: OSG) のようなkが小さい誘電体に切り替わりつつある。新しい誘電体とともに機能する2重線幅微細化処理が必要である。

【0007】

【課題を解決する手段】本発明は、エッチング処理中にガス切り替えを使用して、エッチングの特性を調節する。エッチング処理は、少なくとも1回繰り返される第1のステップと第2のステップを含む。例えば、第1のステップは、酸化物のエッチング速度を速くし、第2のステップは、酸化物のエッチング速度を遅くし他の材料のエッチング速度を速くする。

【0008】本発明の利点は、高速エッチング、良好なCDとプロフィールの制御、高選択性および良好な欠陥管理を提供することである。

【0009】これらの各種利点は、図面とともに本明細書を参照する当業者には明らかである。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、2重線幅微細化銅接続処理に関連して本発明を説明する。本発明の利点が、ゲートのエッチングやコンタクト/バイアのエッチングのような、他のエッチングに応用されると、処理の余裕度を大きくしたり、エッチングの結果を良くしたりすることができることは、図面とともに本明細書を参照する当業者には明らかである。

【0011】以下、図2Aから図2Eを参照しつつ、本発明の実施例による製造工程について考察する。半導体ボディ100は、当業者には公知のとおり、第1の接続層102の形成を介して処理される。(ここでは第1の接続層102と呼ばれているが、層102は、最上部の接続層以外の接続層ならばどれでもよい。) バイア・エッチング停止層104は、第1の接続層102の上に堆

積する。エッチング停止層104は、窒化ケイ素を含むのが普通であるが、(例えばSiCのような)他の適切なエッチング停止層も当業者には公知である。一例として、エッチング停止層104の厚さは、1000Å(例えば、300Åから1000Å)のオーダーでよい。

【0012】バイア・レベル誘電体106(レベル間誘電体、ILDと呼ばれることがある)とトレンチ・レベル誘電体108(金属間誘電体、IMDと呼ばれることがある)は、エッチング停止層104上に形成される。図2Aに示すように、ILD106とIMD108は、1つの層でよい。好適実施例では、OSG(有機ケイ酸塩ガラス)がILD106とIMD108に使用される材料である。OSGは、誘電率が2.7から3.0の範囲のkが小さい材料である。代替方法として、ILD106とIMD108は、kが小さい($k < 3.0$)か、kが極めて小さい($k < 2.7$)他の誘電体でもよい。以下に説明するエッチングの化学反応は、OSG誘電体に対して最適化されている。ILD106とIMD108を組み合わせた厚さは、約9000Åでよい。

【0013】ILD106とIMD108の間のトレンチ・エッチング停止層は、必ずしも必要ではない。しかし、必要な場合は、どれか1つを含むことができる。ILD106とIMD108の間にエッチング停止層を使用しないことは、寄生容量(parasitic capacitance)を小さくする利点がある。

【0014】IMD108の上にカバー用の層を形成することが多い。一例として、プラズマで強化されたテトラエチル酸化シラン(tetraethoxysilane:PETEOS)処理を使用して、酸化物のカバー層を堆積させてもよい。酸化物のカバー層の厚さは、約1500Åである。窒化ケイ素もカバー層として使用することができる。BARC層は、バイアとトレンチのパターン双方のためのレジストの下に使用されることが多いことに注意すべきである。好適実施例では、カバー層またはハードマスクは使用されていない。

【0015】図2Aを参照すると、BARC、IMD108およびILD106を通してバイア112がエッチングされる。バイアのエッチングは、エッチング停止層104で停止する。バイア112は、2つの金属接続層の間に接続が必要なエリアに形成される。ILD106とIMD108の間に追加エッチング停止層が含まれていた場合、バイア・エッチングは、この追加されたエッチング停止層を通してエッチングする。好適実施例におけるバイア・エッチングの化学反応には、 C_5F_8 、 N_2 またはCOが含まれる。

【0016】図2Bを参照すると、スピン・オンBARC(spin-on BARC)114がコーティングされ、バ

イア112の少なくとも一部分を充填する。図2Bは、完全に充填されたバイアを示す。その結果は、IMD108の上の約850ÅのBARCであり、後続のトレンチ・エッチング中のバイアの内側の約4500Åから7000Åの厚さである。(バイアの内側のBARCの厚さは、バイアの密度に依存する。)BARC114は、後続のトレンチ・エッチング中、バイアの底部を保護する。

【0017】さらに図2Bを参照すると、トレンチ・パターン120が形成されている。トレンチ・パターン120は、第2のまたは後続の金属接続層の金属接続線が必要なエリアを露出する。

【0018】次に、図2Cに示すように、トレンチ・エッチングが実行されて、IMD108をエッチングする。トレンチ・エッチングはエッチングの特性を調節するガス切り替え処理である。ガス切り替え処理は、少なくとも1回繰り返される少なくとも2つのステップ(例えば、第1と第2のステップ)を交互に使用する。追加ステップを含めて、少なくとも1回繰り返すことができる。第1と第2のステップは、各種の異なるエッチング選択比(etch selectivity ratios)をとることができる。好適実施例における第1のステップは、IMDを優先的にエッチングし、第2のステップは、BARC充填を優先的にエッチングして突起を除去する。各種の異なるエッチング選択比をとることは、使用する1つまたはそれ以上のガスを変更するか、流量率を変更するか、または圧力を変更することによって達成される。残りの処理パラメータ(例えば、電力、温度など)は、同じままであってもよいし、変更されてもよい。一例では、IMD108上のBARC層の露出した部分(114a)を除去する最初のエッチング・ステップの後に、第1のエッチング・ステップが実行される。第1のエッチング・ステップは、IMDのエッチング速度を速くするように調整される。次に第2のエッチング・ステップが実行される。第2のエッチング・ステップは、異なるガスの化学反応を使用し、第1のエッチング・ステップだけを使用して生じる酸化物の突起の形成を防止するように最適化されている。例えば、第2のステップは、IMDのエッチング速度が遅くてBARCのエッチング速度が速いか、または不活性ガスの流量率が大きくてもよい。第1と第2のステップは、少なくとも1回繰り返される。

【0019】OSGにトレンチをエッチングするのに好適なエッチング・パラメータが表1に与えられている。不活性ガスは、BARC114aをエッチングするために使用される。第1と第2のステップは、総計45秒間に3回繰り返される。

【表1】

好適なエッチング・シーケンス

ステップ	圧力	電力	ガスの種類	ガスの種類	ガスの種類	温度	時間
最初	40 mT	1400W	80 CF ₄	20 O ₂	160 Ar	60C/40C	20 秒
第1	40 mT	1600W	10C ₄ F ₈	300 N ₂	100 Ar	60C/40C	10 秒
第2	40 mT	500W	5 O ₂	100 N ₂	400 Ar	60C/40C	5 秒

表1

【0020】上に示した好適な例のように、第1と第2のエッチング・ステップは、1つまたはそれ以上のガスの種類、流量率、または圧力によって変わることがある。残りの処理パラメータは、同じままであってもよいし、変更されてもよい。上述の例では、ガスの種類を変更することとともに、電力、流量率、および時間が変更される。上記の第1のエッチングは、従来の「エッチング」ステップにおけると同様、酸化物のエッチング速度が速い。第2のエッチングは、バイアの内側の有機BARCのエッチング速度を速くし酸化物のエッチング速度を遅くしたアッシング(ashing)、および/または不活性ガスの流量を大きくして突起物を除去するスパッタリング以上のものでありうる。図3に示すように、調節された表1のエッチング処理は、バイアを完全にBARCで充填して突起物を小さくするか、無くしてしまうことができる。図4に示すように、上記エッチング処理は、OSGのトレンチ・エッチングに対して良好な側壁のプロフィールとCD制御を達成することができる。

【0021】図2Dを参照すると、たとえば、アッシングによって、レジストとBARCがトレンチ・パターン120から除去される。次にエッチング停止のエッチングが実行されて、バイアの底部にあるエッチング停止層を除去する。(カバー層が薄い(たとえば、500Å以下)場合は、エッチング停止層のエッチング中にカバー層を除去することができる。しかし、カバー層が500Åより厚い場合は、金属のCMP中に除去される。)

【0022】図2Eに示すように、処理は第2の金属接続層122の形成を続ける。(第2の金属接続層122と呼ばれているが、層122は、最下部の接続層以外の金属接続層ならばどれでもよい。)普通、窒化タンタル(TaN)のような障壁層124が、最初に堆積する。酸化物の突起がまったく形成されないため、トレンチ/バイア中に連続障壁層(continuous barrier layer)124を形成することがかなり容易になる。この利点により、処理の余裕度が大きくなる。障壁層の目的は、引き続いてIMD/ILDに形成される金属の拡散を防止することである。障壁層に破壊箇所があると、金属の拡散が可能になるので、歩留まりと信頼性が低くなる。このように、本発明は、酸化物の突起の形成を防止し、バイア内の欠陥を少なくすることにより、歩留まりと信頼性の双方を改善する。

【0023】障壁層124が堆積した後、銅のシード層が形成されるのが普通である。この後に銅接続122と最上部の窒化物(Si₃N₄)のカバー層128の形成が続く。上記処理を繰り返すと、後続の金属接続層を形成することができる。

【0024】例示した実施例を参照しつつ本発明を詳細に説明してきたが、この説明は、限定の意味で解釈されることを考えていない。本発明の他の実施例とともに、例示した実施例の各種の修正や組み合わせは、当業者が本説明を参照すれば明らかであろう。たとえば、第1と第2のステップのエッチングの化学反応は、第1のステップが先にBARCをエッチングし、第2のステップが先にOSGをエッチングするように逆の順番にしてもよい。したがって、添付の特許請求の範囲は、かかる修正や実施例を含むものとする。

【0025】以上の説明に関して更に以下の項を開示する。

(1) 集積回路を製造する方法であって、上に層が形成される半導体ボディを用意するステップと、前記層の上にパターンを形成するステップと、さらに少なくとも第1のステップと第2のステップを含む処理を使用して前記層をエッチングし、前記第1のステップと第2のステップが少なくとも1回繰り返されるステップと、を含む方法。

【0026】(2) 第1項記載の方法において、前記第1のステップは、第1のガス化学反応を使用し、前記第2のステップは、第2の異なるガス化学反応を使用する方法。

【0027】(3) 第2項記載の方法において、前記第1のガス化学反応は、前記層のエッチング速度を速くし、前記第2のガス化学反応は、前記層のエッチング速度を遅くする方法。

【0028】(4) 第2項記載の方法において、前記第1のステップは、第1の電力を使用し、前記第2ステップは、第2の異なる電力を使用する方法。

【0029】(5) 第1項記載の方法において、前記第1のステップは、処理用ガスの第1の流量率を含み、前記第2ステップは、処理用ガスの第2の異なる流量率を含む方法。

【0030】(6) 第1項記載の方法において、前記第1のステップは、第1の圧力のとき生じし、前記第2ス

テップは、第2の異なる圧力のとき生起する方法。

【0031】(7) 第1項記載の方法において、前記エッチング処理は、少なくとも1回繰り返される少なくとも1つの追加ステップを含む方法。

【0032】(8) 集積回路を製造する方法であって、上にレベル間誘電体(ILD)と金属間誘電体(IMD)が形成される半導体ボディを用意するステップと、前記ILDと前記IMDにバイアをエッチングするステップと、前記バイアをBARC材料で充填するステップと、前記IMD上にトレンチ・パターンを形成するステップと、少なくとも第1のステップと第2のステップを含む処理を使用して前記IMDにトレンチをエッチングし、前記第1のステップと第2のステップが少なくとも1回繰り返されるステップと、を含む方法。

【0033】(9) 第8項記載の方法において、前記第1のステップは、第1のガス化学反応を使用し、前記第2のステップは、第2の異なるガス化学反応を使用する方法。

【0034】(10) 第9項記載の方法において、前記第1のガス化学反応は、前記IMDのエッチング速度を速くし、前記第2のガス化学反応は、前記IMDのエッチング速度を遅くする方法。

【0035】(11) 第8項記載の方法において、前記IMDとILDは、それぞれ有機ケイ酸塩ガラスを含む方法。

【0036】(12) 第14項記載の方法において、前記第1のガス化学反応は、前記第2のガス化学反応より速い速度で前記有機ケイ酸塩ガラスをエッチングし、前記第1のガス化学反応は、前記有機ケイ酸塩ガラスより先に前記BARC材料をエッチングして、いかなる酸化物の突起も除去する方法。

【0037】(13) 第14項記載の方法において、前記第1のガス化学反応は、 C_4F_8 、窒素、およびアルゴンを含み、前記第2のガス化学反応は、 O_2 と、窒素とアルゴンから構成されたグループから選択された1つかそれ以上のガスとを含む方法。

【0038】(14) 第14項記載の方法において、前記第1のガス化学反応は、より速い速度で前記BARC材料をエッチングし、前記第2のガス化学反応は、前記BARC材料より先に前記有機ケイ酸塩ガラスをエッチングする方法。

【0039】(15) エッチングの特性を調節するために、エッチング処理中にガス切り替えが使用される。エッチング処理は、少なくとも1回繰り返される第1のステップと、第2のステップを含む。例えば、第1のステップは、酸化物(108)のエッチング速度を速くし、第2のステップは、酸化物のエッチング速度を遅くし他の材料(114)のエッチング速度を速くする。

【図面の簡単な説明】

【図1】製造の各種段階における従来の技術による2重

線幅微細化処理の断面図を示す図であって、Aは、半導体ボディ10の上に窒化ケイ素層12が堆積した図、Bは、誘電体20上の約600ÅのBARCとバイア22の内側に約2000~2500Åの厚さのBARCが堆積した図、Cは、トレンチ・パターン26が形成され、トレンチ・レベル誘電体20上の金属接続線が必要なエリアを露出する様子を示す図、Dは、層20の一部を除くトレンチ・エッチングが実行され、バイア22のエッジに不要な酸化物の突起28が形成される様子を示す図、Eは、パターン26が除去され、この処理が終わった様子を示す図。

【図2】製造の各種段階における本発明による2重線幅微細化処理の断面図を示す図であって、Aは、BARC、IMD108およびILD106を通してバイア112がエッチングされた様子を示す図、Bは、BARC114がコーティングされ、バイア112が完全に充填され、トレンチ・パターン120が形成されている様子を示す図、Cは、トレンチ・エッチングが実行され、IMD108がエッチングされた様子を示す図、Dは、Eは、障壁層124が堆積し、第2の金属接続層122の形成され、カバー層が堆積して、この処理が終わった様子を示す図。

【図3】本発明の実施例のとおり、トレンチとバイアがエッチングされた断面図であって、酸化物の突起が無いことを示す図。

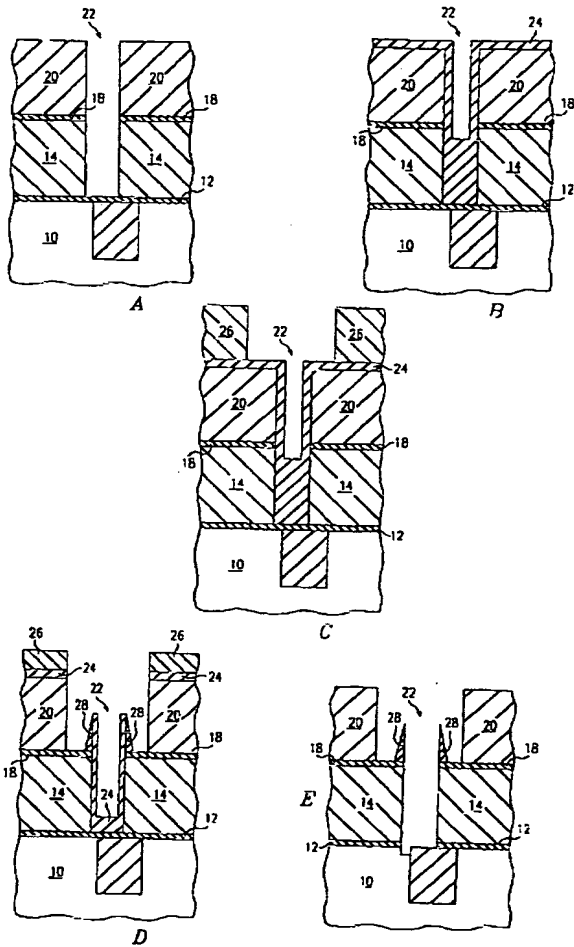
【図4】本発明の実施例のとおり、トレンチがエッチングされた断面図であって、良好なCDとプロフィールを示す図。

【符号の説明】

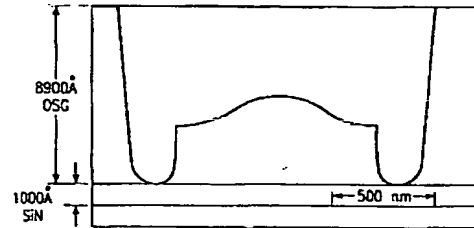
- 10 半導体ボディ
- 12 窒化ケイ素層
- 14 バイア・レベル誘電体
- 18 別の窒化ケイ素層
- 20 トレンチ・レベル誘電体
- 22 バイア
- 24 スピン・オンBARC(最低部反射防止コーティング)
- 26 トレンチ・パターン
- 28 酸化物の突起
- 100 半導体ボディ
- 102 第1の接続層
- 104 バイア・エッチング停止層
- 106 レベル間誘電体
- 108 金属間誘電体
- 112 バイア
- 114 スピン・オンBARC
- 114a BARC層の露出した部分
- 120 トレンチ・パターン
- 122 第2の金属層
- 124 障壁層

128 窒化物のカバー層

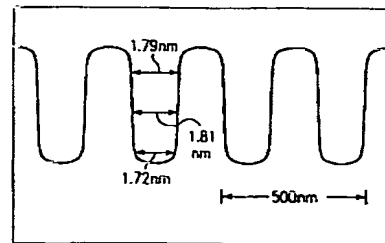
【図1】



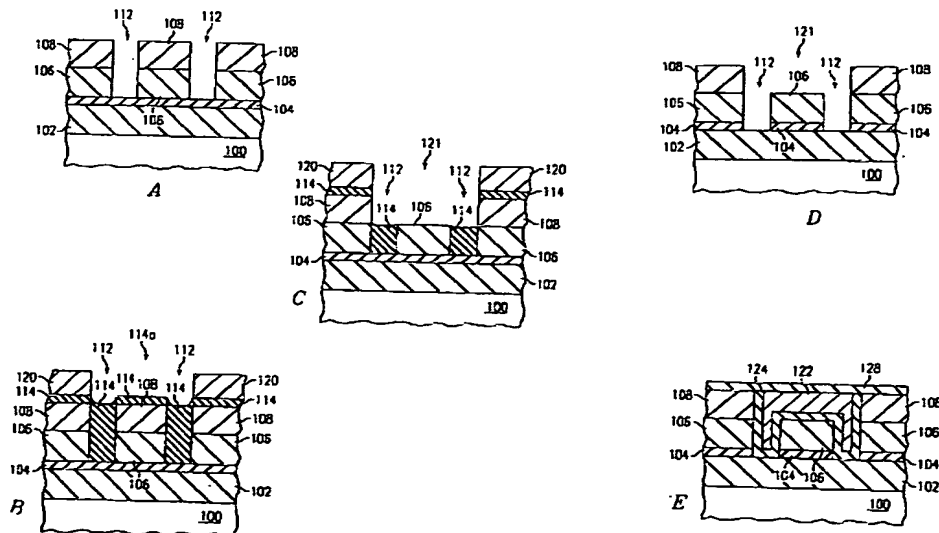
【図3】



【図4】



【図2】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5F004 AA05 CA01 CA02 CA03 DA00
DA01 DA23 DA25 DA26 EA28
EA37 EA40
5F033 HH11 HH32 JJ11 JJ32 MM02
MM12 MM13 NN06 NN07 QQ04
QQ09 QQ11 QQ21 QQ25 QQ37
RR01 RR06 RR25 TT04